

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In Re U.S. Patent Application )

Applicant: Eguchi et al. )

Serial No. )

Filed: December 20, 2001 )

For: CURRENT-PERPENDICULAR- )  
 TO-THE-PLANE STRUCTURE )  
 MAGNETORESISTIVE )  
 ELEMENT AND METHOD OF )  
 MAKING SAME )

Art Unit: )

*I hereby certify that this paper is being deposited with the United States Postal Service as EXPRESS MAIL in an envelope addressed to: Assistant Commissioner for Patents, Washington, D.C. 20231, on December 20, 2001.*

Express Label No.: EL846222924USSignature: *David Bern*

EXPRESS.WCM

Appr. February 20, 1998

jc564 U.S. PTO  
10/027651CLAIM FOR PRIORITY

Assistant Commissioner for Patents  
 Washington, DC 20231

Sir:

Applicant claims foreign priority benefits under 35 U.S.C. § 119 on the basis of the foreign application identified below:

Japanese Patent Application No. 2001-134973, filed May 2, 2001.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Respectfully submitted,

GREER, BURNS &amp; CRAIN, LTD.

By

Patrick G. Burns

Registration No. 29,367

December 20, 2001  
 300 South Wacker Drive  
 Suite 2500  
 Chicago, IL 60606  
 (312) 360-0080

Customer Number: 24978

F:\DATA\WP60\2500\66065\PRIORITY.

2500-66068  
(312)360-0080

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 5月 2日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-134973

出 願 人

Applicant(s):

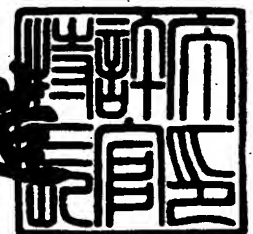
富士通株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年10月 1日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願

【整理番号】 0150006

【提出日】 平成13年 5月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39  
G01R 33/09

【発明の名称】 C P P 構造磁気抵抗効果素子およびその製造方法

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 江口 伸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 鎌田 親義

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 池田 淳也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 田中 厚志

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100105094

【弁理士】

【氏名又は名称】 山▲崎▼ 薫

【電話番号】 03-5226-0508

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049618

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9803088

【プールの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 C P P 構造磁気抵抗効果素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下部電極層上に第 1 幅で広がる磁気抵抗効果膜の下層体と、下層体上に第 1 幅よりも狭い第 2 幅で広がる磁気抵抗効果膜の上層体と、磁気抵抗効果膜の上層体を挟む絶縁体と、絶縁体とともに上層体を挟む磁区制御膜と、磁気抵抗効果膜の上層体に接触する上部電極層とを備えることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の C P P 構造磁気抵抗効果素子において、前記絶縁体は磁性体であることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の C P P 構造磁気抵抗効果素子において、前記磁気抵抗効果膜の上層体には少なくとも自由側強磁性層が含まれることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 下部電極層上に磁気抵抗効果膜を形成する工程と、磁気抵抗効果膜を挟む 1 対の磁区制御膜を形成する工程と、磁区制御膜上に絶縁膜を形成する工程と、磁気抵抗効果膜の表層にエッチング処理を施す工程とを備えることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記エッチング処理後に前記磁区制御膜上に前記絶縁膜を残存させることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記エッチング処理に基づき前記磁気抵抗効果膜および前記磁区制御膜の間には溝が形成されることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載の C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記溝には絶縁体が充填されることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の C P P 構造磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記磁気抵抗効果膜は、前記絶縁体の間に配置される自由側強磁性層を

備えることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項 9】 請求項 8に記載のC P P構造磁気抵抗効果素子の製造方法において、前記絶縁体は磁性体であることを特徴とするC P P構造磁気抵抗効果素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば磁気ディスク駆動装置や磁気テープ駆動装置といった磁気記録媒体駆動装置に組み込まれる磁気抵抗効果素子に関し、特に、下部電極層上に第 1 幅で広がる磁気抵抗効果膜の下層体と、下層体上に第 1 幅よりも狭い第 2 幅で広がる磁気抵抗効果膜の上層体と、磁気抵抗効果膜の上層体に接触する上部電極層とを備えるC P P構造磁気抵抗効果素子およびその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

C P P構造磁気抵抗効果 (MR) 素子の分野では、例えば反強磁性層 (p i n n i n g l a y e r)、固定側強磁性層 (p i n n e d l a y e r) および非磁性中間層を含む下層体と、非磁性中間層の表面に広がる自由側強磁性層 (f r e e l a y e r) を含む上層体とを備える磁気抵抗効果 (MR) 膜は広く知られる。こういったMR膜では、下層体に比べて上層体はトラック幅方向に狭められる。下層体上で上層体は絶縁層に挟み込まれる。この絶縁層によれば、下層体と上部電極層との間に狭められた電流路は確立されることができる。MR膜の実効コア幅は狭められることができる。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

こういったMR膜の形成にあたって下層体上で上層体は削り出される。この削り出しにあたって、上層体を挟み込む 1 対の磁区制御ハード膜はエッチング処理に曝される。磁区制御ハード膜の表面は下層体の表面まで下降する。したがって、上層体は、磁区制御ハード膜同士の間で区画される空間から完全に離脱してしまう。こうしたC P P構造MR素子では、磁区制御ハード膜同士の間で形成され

る縦バイアス磁界は、上層体に含まれる自由側強磁性層に十分に作用することができない。バルクハウゼンノイズは十分に低減されることはできない。

【 0 0 0 4 】

本発明は、上記実状に鑑みてなされたもので、バルクハウゼンノイズの低減に大いに寄与することができる C P P 構造磁気抵抗効果素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 5 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、第 1 発明によれば、下部電極層上に第 1 幅で広がる磁気抵抗効果膜の下層体と、下層体上に第 1 幅よりも狭い第 2 幅で広がる磁気抵抗効果膜の上層体と、磁気抵抗効果膜の上層体を挟む絶縁体と、絶縁体とともに上層体を挟む磁区制御膜と、磁気抵抗効果膜の上層体に接触する上部電極層とを備えることを特徴とする C P P 構造磁気抵抗効果素子が提供される。

【 0 0 0 6 】

こういった C P P 構造磁気抵抗効果素子では、絶縁体の働きで、下層体と上部電極層との間には狭められた電流路は確立されることができる。その結果、磁気抵抗効果膜の実効コア幅は狭められることができる。この種の C P P 構造磁気抵抗効果素子は磁気情報の高密度化に大いに貢献すると考えられる。

【 0 0 0 7 】

しかも、こういった C P P 構造磁気抵抗効果素子では、下層体だけでなく上層体が磁区制御膜に挟み込まれることができる。したがって、磁区制御膜同士の間で確立される縦バイアス磁界は効率的に磁気抵抗効果膜に作用することが大いに期待される。特に、磁気抵抗効果膜の上層体に自由側強磁性層が含まれる場合には、従来の C P P 構造磁気抵抗効果素子に比べて自由側強磁性層に比較的強い縦バイアス磁界は作用することができる。したがって、比較的に良好に自由側強磁性層の単磁区化は実現されることができる。バルクハウゼンノイズの低減は実現される。

【 0 0 0 8 】

前述の絶縁体には、磁性を示す絶縁材料が用いられてもよい。こうした絶縁材

料の採用によれば、絶縁体中に磁化は確立されることができる。したがって、磁区制御膜同士の間で確立される縦バイアス磁界は一層効率的に磁気抵抗効果膜に作用することができる。特に、磁気抵抗効果膜の上層体に自由側強磁性層が含まれる場合には、前述のC P P構造磁気抵抗効果素子に比べて一層良好に自由側強磁性層の単磁区化は実現されることができる。パルクハウゼンノイズはさらに確実に低減されることができる。

## 【0009】

以上のようなC P P構造磁気抵抗効果素子の製造方法は、例えば、下部電極層上に磁気抵抗効果膜を形成する工程と、磁気抵抗効果膜を挟む1対の磁区制御膜を形成する工程と、磁区制御膜上に絶縁膜を形成する工程と、磁気抵抗効果膜の表層にエッチング処理を施す工程とを備えればよい。こういった製造方法によれば、エッチング処理中に絶縁膜は磁区制御膜の保護層として機能することができる。エッチング処理中に磁区制御膜の消失すなわち削り取りは完全に回避されることができる。その結果、前述のように、磁区制御膜は確実に磁気抵抗効果膜の上層体を挟み込むことができる。

## 【0010】

絶縁膜はエッチング処理後に磁区制御膜上に必ず残存する。上層体の形成にあたって、こういった製造方法では、エッチング処理に基づき磁気抵抗効果膜および磁区制御膜の間に溝が形成されればよい。溝には絶縁体が充填されればよい。

## 【0011】

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しつつ本発明の一実施形態を説明する。

## 【0012】

図1は磁気記録媒体駆動装置の一具体例すなわちハードディスク駆動装置(HDD)11の内部構造を概略的に示す。このHDD11は、例えば平たい直方体の内部空間を区画する箱形の筐体本体12を備える。収容空間には、記録媒体としての1枚以上の磁気ディスク13が収容される。磁気ディスク13はスピンドルモータ14の回転軸に装着される。スピンドルモータ14は、例えば7200rpmや10000rpmといった高速度で磁気ディスク13を回転させること



ができる。筐体本体 12 には、筐体本体 12 との間で收容空間を密閉する蓋体すなわちカバー（図示せず）が結合される。

#### 【0013】

收容空間には、垂直方向に延びる支軸 15 回りで揺動するキャリッジ 16 がさらに收容される。このキャリッジ 16 は、支軸 15 から水平方向に延びる剛体の揺動アーム 17 と、この揺動アーム 17 の先端に取り付けられて揺動アーム 17 から前方に延びる弾性サスペンション 18 とを備える。周知の通り、弾性サスペンション 18 の先端では、いわゆるジンバルばね（図示せず）の働きで浮上ヘッドスライダ 19 は片持ち支持される。浮上ヘッドスライダ 19 には、磁気ディスク 13 の表面に向かって弾性サスペンション 18 から押し付け力が作用する。磁気ディスク 13 の回転に基づき磁気ディスク 13 の表面で生成される気流の働きで浮上ヘッドスライダ 19 には浮力が作用する。弾性サスペンション 18 の押し付け力と浮力とのバランスで磁気ディスク 13 の回転中に比較的の高い剛性で浮上ヘッドスライダ 19 は浮上し続けることができる。

#### 【0014】

こうした浮上ヘッドスライダ 19 の浮上中に、キャリッジ 16 が支軸 15 回りで揺動すると、浮上ヘッドスライダ 19 は半径方向に磁気ディスク 13 の表面を横切ることができる。こうした移動に基づき浮上ヘッドスライダ 19 は磁気ディスク 13 上の所望の記録トラックに位置決めされる。このとき、キャリッジ 16 の揺動は例えばボイスコイルモータ（VCM）といったアクチュエータ 21 の働きを通じて実現されればよい。周知の通り、複数枚の磁気ディスク 13 が筐体本体 12 内に組み込まれる場合には、隣接する磁気ディスク 13 同士の間で 1 本の揺動アーム 17 に対して 2 つの弾性サスペンション 18 が搭載される。

#### 【0015】

図 2 は浮上ヘッドスライダ 19 の一具体例を示す。この浮上ヘッドスライダ 19 は、平たい直方体に形成される  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ （アルチック）製のスライダ本体 22 と、このスライダ本体 22 の空気流出端に接合されて、読み出し書き込みヘッド 23 を内蔵する  $\text{Al}_2\text{O}_3$ （アルミナ）製のヘッド素子内蔵膜 24 とを備える。スライダ本体 22 およびヘッド素子内蔵膜 24 には、磁気ディスク 1

3に対向する媒体対向面すなわち浮上面25が規定される。磁気ディスク13の回転に基づき生成される気流26は浮上面25に受け止められる。

## 【0016】

浮上面25には、空気流入端から空気流出端に向かって延びる2筋のレール27が形成される。各レール27の頂上面にはいわゆるABS（空気軸受け面）28が規定される。ABS28では気流26の働きに応じて前述の浮力が生成される。ヘッド素子内蔵膜24に埋め込まれた読み出し書き込みヘッド23は、後述されるように、ABS28で露出する。なお、浮上ヘッドスライダ19の形態はこういった形態に限られるものではない。

## 【0017】

図3は浮上面25の様子を詳細に示す。読み出し書き込みヘッド23は、薄膜磁気ヘッドすなわち誘導書き込みヘッド素子31とCPP構造磁気抵抗効果（MR）読み取り素子32とを備える。誘導書き込みヘッド素子31は、周知の通り、例えば導電コイルパターン（図示せず）で生起される磁界を利用して磁気ディスク13に2値情報を書き込むことができる。CPP構造MR読み取り素子32は、周知の通り、磁気ディスク13から作用する磁界に応じて変化する抵抗に基づき2値情報を検出することができる。誘導書き込みヘッド素子31およびCPP構造MR読み取り素子32は、前述のヘッド素子内蔵膜24の上側半層すなわちオーバーコート膜を構成する $Al_2O_3$ （アルミナ）膜33と、下側半層すなわちアンダーコート膜を構成する $Al_2O_3$ （アルミナ）膜34との間に挟み込まれる。

## 【0018】

誘導書き込みヘッド素子31は、ABS28で前端を露出させる上部磁極層35と、同様にABS28で前端を露出させる下部磁極層36とを備える。上部および下部磁極層35、36は例えばFeNやNiFeから形成されればよい。上部および下部磁極層35、36は協働して誘導書き込みヘッド素子31の磁性コアを構成する。

## 【0019】

上部および下部磁極層35、36の間には例えば $Al_2O_3$ （アルミナ）製の

非磁性ギャップ層 37 が挟み込まれる。周知の通り、導電コイルパターンで磁界が生起されると、非磁性ギャップ層 37 の働きで、上部磁極層 35 と下部磁極層 36 とを行き交う磁束は浮上面 25 から漏れ出る。こうして漏れ出る磁束が記録磁界（ギャップ磁界）を形成する。

## 【0020】

CPP 構造 MR 読み取り素子 32 は、アルミナ膜 34 すなわち下地絶縁層の表面に沿って広がる下部電極層 38 を備える。下部電極層 38 は導電性を備えるだけでなく同時に軟磁性を備えてもよい。下部電極層 38 が例えば NiFe といった導電性の軟磁性体で構成されると、この下部電極層 38 は同時に CPP 構造 MR 読み取り素子 32 の下部シールド層として機能することができる。

## 【0021】

下部電極層 38 の表面には、ABS 28 に沿って延びる電磁変換膜すなわち磁気抵抗効果（MR）膜 39 が形成される。同様に、下部電極層 38 の表面には、ABS 28 に沿って延びる 1 対の磁区制御ハード膜 41 が形成される。磁区制御ハード膜 41 は下部電極層 38 の表面で ABS 28 に沿って MR 膜 39 を挟み込む。磁区制御ハード膜 41 は例えば CoPt や CoCrPt といった金属材料から形成されればよい。これらの磁区制御ハード膜 41 では、周知の通り、MR 膜 39 を横切る 1 方向に沿って磁化は確立されることができる。こうした磁区制御ハード膜 41 の磁化に基づきバイアス磁界が形成されると、MR 膜 39 内で例えば自由側強磁性層（free layer）の単磁区化は実現されることができる。MR 膜 39 の構造の詳細は後述される。

## 【0022】

磁区制御ハード膜 41 の表面には第 1 絶縁層 42 が積層される。この第 1 絶縁層 42 は磁区制御ハード膜 41 上にのみ広がる。すなわち、第 1 絶縁層 42 は、MR 膜 39 と磁区制御ハード膜 41 との境界面を含む平面 PL で途切れる。第 1 絶縁層 42 は例えば  $Al_2O_3$  や  $SiO_2$  といった絶縁材料から構成されればよい。

## 【0023】

この第 1 絶縁層 42 の表面は第 2 絶縁層 43 で覆われる。第 2 絶縁層 43 は、

第1絶縁層42上だけでなく下部電極層38上に広がってもよい。ただし、第1絶縁層42と同様に、第2絶縁層43は、MR膜39と磁区制御ハード膜41との境界面を含む平面PLで途切れる。第2絶縁層43は例えば $Al_2O_3$ や $SiO_2$ といった絶縁材料から構成されればよい。

## 【0024】

第2絶縁層43上には誘導書き込みヘッド素子31の下部磁極層36が広がる。この下部磁極層36は、2つの平面PLの間でMR膜39の頂上面に受け止められる。すなわち、下部磁極層36はCPP構造MR読み取り素子32の上部電極層として機能する。MR膜39には、下部電極層38および下部磁極層36の働きでセンス電流が供給される。しかも、下部磁極層36はCPP構造MR読み取り素子32の上部シールド層として機能することができる。

## 【0025】

ここで図4を参照しつつMR膜39の構造を詳述する。このMR膜39は例えばスピバルブ膜で構成される。このスピバルブ膜は、順番に重ね合わせられる下地層51、反強磁性層(pinning layer)52、固定側強磁性層(pinned layer)53および非磁性中間層55で構成される下層体39aと、同様に非磁性中間層55上で重ね合わせられる自由側強磁性層56および保護層57で構成される上層体39bとを備える。反強磁性層52の働きに応じて固定側強磁性層53の磁化は1方向に固定される。ここで、下地層51は、Ta層51aと、このTa層51aの表面に積層されるNiFe層51bとで構成されればよい。反強磁性層52は例えばFeMnやPdPtMnといった反強磁性合金材料から形成されればよい。固定側強磁性層53および自由側強磁性層56は例えば $Co_{90}Fe_{10}$ といった強磁性材料から形成されればよい。非磁性中間層55は例えばCuといった導電金属材料から形成されればよい。保護層57は、Cu層と、このCu層上に形成されるキャップ層すなわちTa層とを備えればよい。

## 【0026】

ここで、下層体39aの第1幅W1に比べて上層体39bの第2幅W2は小さく設定される。したがって、下層体39aは前述の平面PLで磁区制御ハード膜

41に接触する。その一方で、上層体39bと前述の平面PLすなわち磁区制御ハード膜41との間には空隙が形成される。この空隙は絶縁体58で充填される。こうして上層体39bは絶縁体58に挟み込まれる。しかも、上層体39bは、絶縁体58とともに磁区制御ハード膜41に挟み込まれる。こういった絶縁体58の働きで、下層体39aと上部電極層すなわち下部磁極層36との間には狭められた電流路は確立されることができる。その結果、MR膜39の実効コア幅は狭められることができる。なお、第1幅W1や第2幅W2は下部電極層38の表面に平行にABS28に沿って測定されればよい。

## 【0027】

磁気情報の読み出しにあたってCPP構造MR読み取り素子32が磁気ディスク13の表面に向き合わせられると、スピバルブ膜では、周知の通り、磁気ディスク13から作用する磁界の向きに応じて自由側強磁性層56の磁化方向は回転する。こうして自由側強磁性層56の磁化方向が回転すると、スピバルブ膜の電気抵抗は大きく変化する。したがって、上部電極層すなわち下部磁極層36および下部電極層38からスピバルブ膜にセンス電流が供給されると、CPP構造MR読み取り素子32から取り出される電気信号のレベルは電気抵抗の変化に応じて変化する。このレベルの変化に応じて2値情報は読み取られることができる。このとき、スピバルブ膜では、前述のようにセンス電流の通り道は狭められることができる。その結果、磁気ディスク13から作用する磁界に対するスピバルブ膜の応答感度は高められることができる。

## 【0028】

こういったCPP構造MR読み取り素子32では、磁区制御ハード膜41で磁化Mgが確立されると、磁区制御ハード膜41の端面で生成される磁極（チャージ）に基づき一方の磁区制御ハード膜41から他方の磁区制御ハード膜41に向かう縦バイアス磁界BSは生成されることができる。特に、このCPP構造MR読み取り素子32では、上層体39bに含まれる自由側強磁性層56が磁区制御ハード膜41同士の間配置されることから、自由側強磁性層56には比較的強い縦バイアス磁界BSは作用することができる。したがって、比較的的良好に自由側強磁性層56の単磁区化は実現されることができる。バルクハウゼンノイ

ズの低減は実現される。

#### 【0029】

このとき、前述の絶縁体58には、磁性を示す絶縁材料が用いられることが望まれる。こうした絶縁材料によれば、図4から明らかなように、絶縁体58中で磁化 $M_g$ は確立されることが出来る。したがって、一層良好に自由側強磁性層556の単磁区化は確立されることが出来る。こういった絶縁材料には例えば $\text{Co}-\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ （比抵抗 $2.0\Omega\text{cm}$ ）といった合金材料が挙げられることが出来る。一般に、固定側強磁性層53や自由側強磁性層56に用いられる磁性材料は $100\mu\Omega\text{cm}$ 以下の比抵抗を示し、反強磁性層52に用いられる磁性材料は $200\mu\Omega\text{cm}$ 程度の比抵抗を示す。

#### 【0030】

次にCPP構造MR読み取り素子32の製造方法を簡単に説明する。例えば $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiC}$ （アルチック）製ウェハー（図示せず）が用意される。このウェハーの表面には $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜34が成膜される。この $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜34上で下部電極層38は形成される。次いで下部電極層38の表面には、図5に示されるように、前述の第1幅 $W_1$ で規定される素材MR膜71が積層形成される。この素材MR膜71は、前述のスピンバルブ膜と同一な層構造で積み重ねられる積層体から削り出されればよい。すなわち、この素材MR膜71には、下地層72、反強磁性層73、固定側強磁性層74、非磁性中間層75、自由側強磁性層76および保護層77が順番に含まれる。この削り出しにあたってフォトレジスト膜78がマスクに用いられる。

#### 【0031】

続いてウェハー上では、図6に示されるように、素材MR膜71を挟み込む磁区制御ハード膜79が形成される。下部電極層38の表面には例えばスパッタリング法に基づき磁性材料81が降り注がれる。磁性材料81は、下部電極層38の表面およびフォトレジスト膜78上に堆積する。素材MR膜71の壁面が完全に磁性材料81で覆われると、磁区制御ハード膜79の形成は完了する。

#### 【0032】

次いでウェハー上では、図7に示されるように、第1絶縁層82が積層形成さ

れる。堆積した磁性材料 81 上に例えばスパッタリング法に基づき絶縁材料 83 は降り注がれる。磁区制御ハード膜 79 上やフォトレジスト膜 78 上で磁性材料 81 の表面に絶縁材料 83 は堆積していく。こうして磁区制御ハード膜 79 の表面には第 1 絶縁層 82 が形成される。第 1 絶縁層 82 の形成後にリフトオフは実施される。すなわち、フォトレジスト膜 78 の除去に応じて、フォトレジスト膜 78 上の磁性材料 81 および絶縁材料 83 は取り払われる。

## 【0033】

こうして磁区制御ハード膜 79 上に第 1 絶縁層 82 が形成されると、素材 MR 膜 71 の表層からエッチング処理は施される。このとき、素材 MR 膜 71 上には、図 8 に示されるように、上層体 39b の形状を象った第 2 幅 W2 のフォトレジスト膜 85 が形成される。フォトレジスト膜 85 は、1 対の第 1 絶縁層 82 との間に所定の間隔を空けて配置される。例えばイオンミリングといったドライエッチング処理が施されると、フォトレジスト膜 85 の周囲で素材 MR 膜 71 中の保護層 77 および自由側強磁性層 76 は除去されていく。素材 MR 膜 71 の上層体 86 は削り出されていく。この削り出しに伴って、素材 MR 膜 71 および磁区制御ハード膜 79 の間には上層体 86 に隣接する領域で溝 87 が形成される。溝 87 は素材 MR 膜 71 の非磁性中間層 75 を露出させる。

## 【0034】

こういったエッチング処理にあたって、第 1 絶縁層 82 の膜厚  $t$  [nm] は、

## 【0035】

【数 1】

$$t > Rs \quad \dots(1)$$

## 【0036】

に従って設定される。ここで、定数  $R$  は第 1 絶縁層 82 のエッチング速度 [nm/sec] を示す。定数  $s$  は、非磁性中間層 75 が露出するまでのエッチング時間 [sec] を示す。こうした膜厚  $t$  によれば、エッチング処理の終了時に磁区制御ハード膜 79 上には必ず第 1 絶縁層 82 は残存する。したがって、エッチン

グ処理の実施中に、磁区制御ハード膜79の削り取りは完全に回避されることが出来る。第1絶縁層82は磁区制御ハード膜79の保護層として機能する。

## 【0037】

その後、図9に示されるように、ウェハー上で第2絶縁層88の積層は実施される。ウェハーの表面には例えばスパッタリング法に基づき絶縁材料89が降り注がれる。絶縁材料89は溝87に充填される。こうして溝87中には絶縁体90が形成される。絶縁体90の形成後にフォトリソ膜85は除去される。上層体86の頂上面は露出する。

## 【0038】

こうして素材MR膜71に上層体86が形作られると、周知の通り、1筋のフォトリソ膜（図示せず）に基づき磁区制御ハード膜79および素材MR膜71の輪郭は整えられる。フォトリソ膜下には、1対の磁区制御ハード膜41に挟み込まれたMR膜39が形成される。続いてウェハー上では一様に絶縁膜が積層される。フォトリソ膜が除去されると、絶縁膜に囲まれた磁区制御ハード膜41およびMR膜39が得られる。磁区制御ハード膜41およびMR膜39上では、続いて図10に示されるように、上部電極層すなわち誘導書き込みヘッド素子31の下部磁極層36が形成されていく。

## 【0039】

こうして構築されたCPP構造MR読み取り素子32上には、既知の通り、誘導書き込みヘッド素子31が構築されていく。下部磁極層36上には、非磁性ギャップ層37のほか、コイルパターンが埋め込まれた絶縁層、上部磁極層35が相次いで形成される。最終的に誘導書き込みヘッド素子31がアルミナ膜33に埋め込まれると、読み出し書き込みヘッド23の形成は完了する。

## 【0040】

図11はMR膜39の他の具体例を示す。このMR膜39はトンネル接合膜で構成される。このトンネル接合膜は、順番に重ね合わせられる下地層101、反強磁性層102、固定側強磁性層103および絶縁膜104で構成される下層体39aと、同様に絶縁膜104上で重ね合わせられる自由側強磁性層106および保護層107で構成される上層体39bとを備える。反強磁性層102の働き



に応じて固定側強磁性層103の磁化は1方向に固定される。ここで、下地層101は、Ta層101aと、このTa層101aの表面に積層されるNiFe層101bとで構成されればよい。反強磁性層102は例えばFeMnやPdPtMnといった反強磁性合金材料から形成されればよい。固定側強磁性層103および自由側強磁性層106は例えば $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ といった強磁性材料から形成されればよい。絶縁膜104は例えば $\text{Al}_2\text{O}_3$ （アルミナ）その他の金属酸化膜から形成されればよい。保護層106は、Cu層と、このCu層上に形成されるキャップ層すなわちTa層とを備えればよい。

## 【0041】

前述と同様に、下層体39aの第1幅W1に比べて上層体39bの第2幅W2は小さく設定される。したがって、下層体39aは前述の平面PLで磁区制御ハード膜41に接触する。その一方で、上層体39bと前述の平面PLすなわち磁区制御ハード膜41との間には空隙が形成される。この空隙は絶縁体58で充填される。こうして上層体39bは絶縁体58に挟み込まれる。しかも、上層体39bは、絶縁体58とともに磁区制御ハード膜41に挟み込まれる。こういった絶縁体58の働きで、下層体39aと上部電極層すなわち下部磁極層36との間には狭められた電流路は確立されることができる。その結果、MR膜39の実効コア幅は狭められることができる。特に、このCPP構造MR読み取り素子32では、トンネル接合膜の高抵抗層すなわち絶縁膜104で上層体39bおよび下層体39aが仕切られることから、電流路は確実に縮小されることができる。

## 【0042】

磁気情報の読み出しにあたってCPP構造MR読み取り素子32が磁気ディスク13の表面に向き合わせられると、トンネル接合膜では、周知の通り、磁気ディスク13から作用する磁界の向きに応じて自由側強磁性層106の磁化方向は回転する。こうして自由側強磁性層106の磁化方向が回転すると、トンネル接合膜の電気抵抗は大きく変化する。したがって、上部電極層すなわち下部磁極層36および下部電極層38からトンネル接合膜にセンス電流が供給されると、CPP構造MR読み取り素子32から取り出される電気信号のレベルは電気抵抗の変化に応じて変化する。このレベルの変化に応じて2値情報は読み取られること

ができる。このとき、トンネル接合膜では、前述のようにセンス電流の通り道は狭められることができる。その結果、磁気ディスク13から作用する磁界に対するトンネル接合膜の応答感度は高められることができる。しかも、前述と同様に、このCPP構造MR読み取り素子32では、上層体39bに含まれる自由側強磁性層106が磁区制御ハード膜41同士の間配置されることから、自由側強磁性層106には比較的強い縦バイアス磁界BSは作用することができる。したがって、比較的に良好に自由側強磁性層106の単磁区化は実現されることができる。バルクハウゼンノイズの低減は実現される。

#### 【0043】

なお、以上のようなCPP構造MR読み取り素子32では、第2幅W2の上層体39bに固定側強磁性層53、103や反強磁性層52、102が含まれてもよい。このとき、自由側強磁性層56、106や非磁性中間層54、絶縁層104は第1幅W1の下層体39aに含まれればよい。

#### 【0044】

#### 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、バルクハウゼンノイズの低減に大いに寄与するCPP構造磁気抵抗効果素子は提供されることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 ハードディスク駆動装置(HDD)の構造を概略的に示す平面図である。

【図2】 一具体例に係る浮上ヘッドスライダの構造を概略的に示す拡大斜視図である。

【図3】 浮上面で観察される読み出し書き込みヘッドの様子を示す拡大正面図である。

【図4】 一具体例に係る磁気抵抗効果(MR)膜の構造を詳細に示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

【図5】 下部電極層上で形成された素材磁気抵抗効果(MR)膜を概略的に示すウェハーの拡大部分断面図である。

【図6】 素材MR膜を挟む磁区制御ハード膜を形成する工程を概略的に示

すウェハーの拡大部分断面図である。

【図 7】 第 1 絶縁層を形成する工程を概略的に示すウェハーの拡大部分断面図である。

【図 8】 素材 MR 膜から上層体を削り出す工程を概略的に示すウェハーの拡大部分断面図である。

【図 9】 MR 膜の上層体および磁区制御ハード膜の間に形成される溝に絶縁材料を充填する工程を概略的に示すウェハーの拡大部分断面図である。

【図 1 0】 上部電極層すなわち誘導書き込みヘッド素子の下部磁極層を形成する工程を概略的に示すウェハーの拡大部分断面図である。

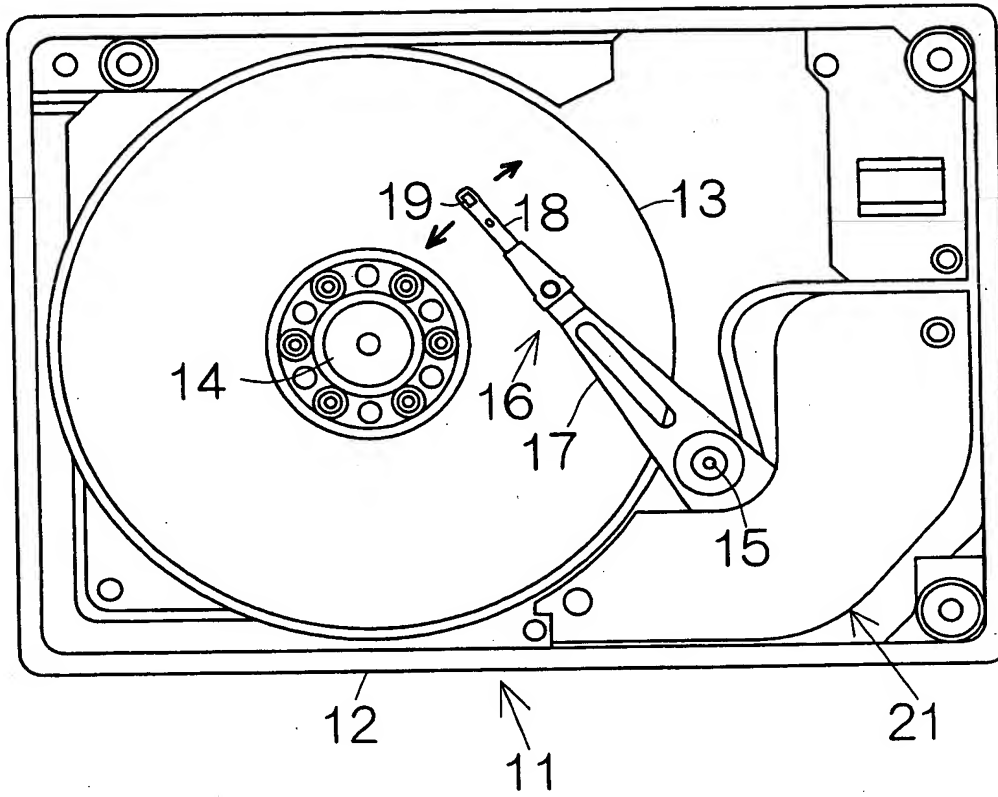
【図 1 1】 他の具体例に係る磁気抵抗効果 (MR) 膜の構造を詳細に示す読み出し書き込みヘッドの拡大部分正面図である。

【符号の説明】

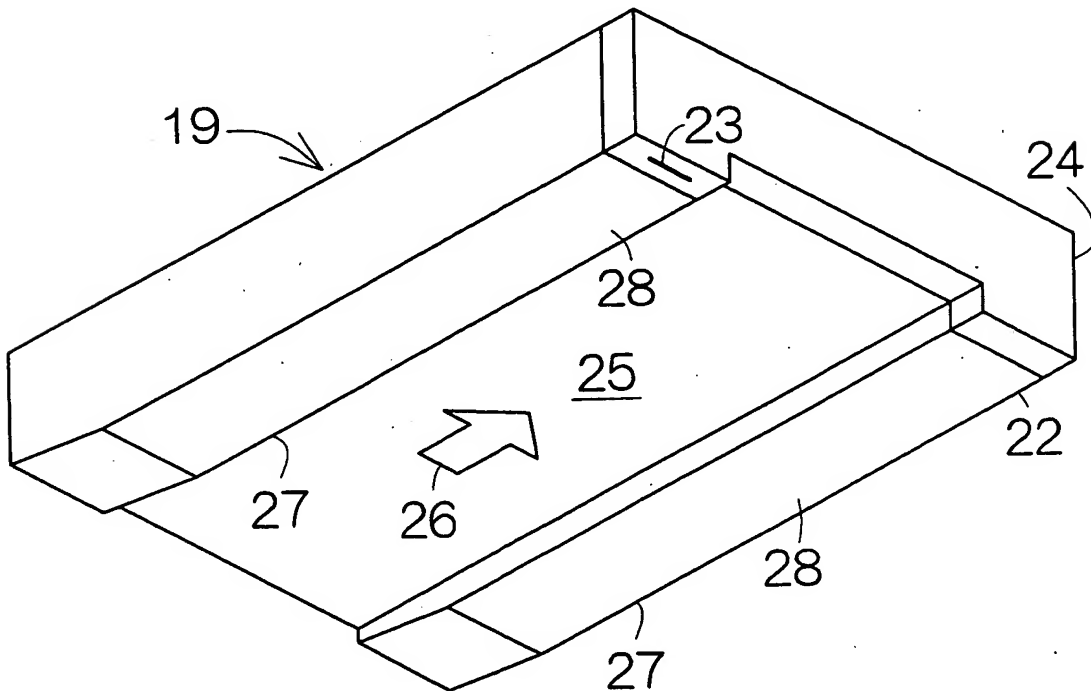
3 2 C P P 構造磁気抵抗効果 (MR) 素子、3 6 上部電極層としての下部磁極層、3 8 下部電極層、3 9 磁気抵抗効果 (MR) 膜、3 9 a 下層体、3 9 b 上層体、4 1 磁区制御膜、5 6 自由側強磁性層、5 8 絶縁体、7 1 磁気抵抗効果 (MR) 膜としての素材 MR 膜、7 9 磁区制御膜、8 2 絶縁膜としての第 1 絶縁層、8 7 溝、9 0 絶縁体、1 0 6 自由側強磁性層、W 1 第 1 幅、W 2 第 2 幅。

【書類名】 図面

【図 1】

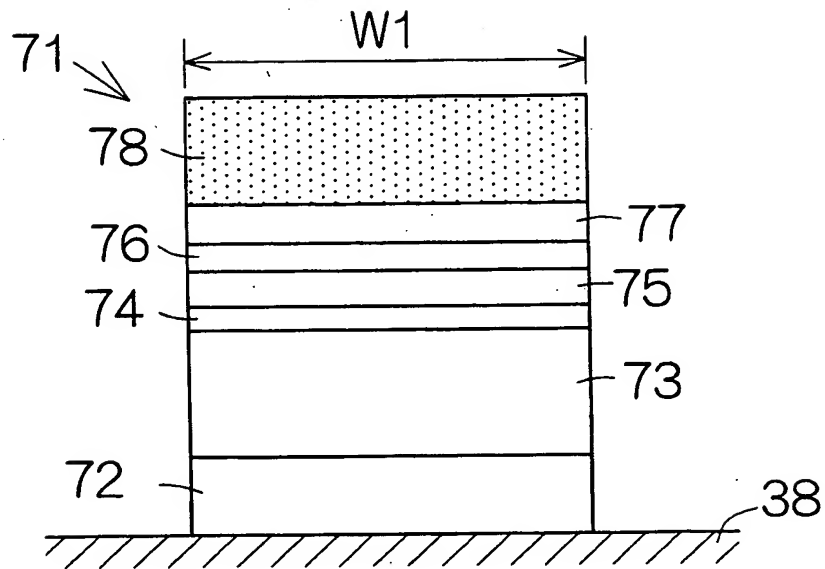


【図 2】

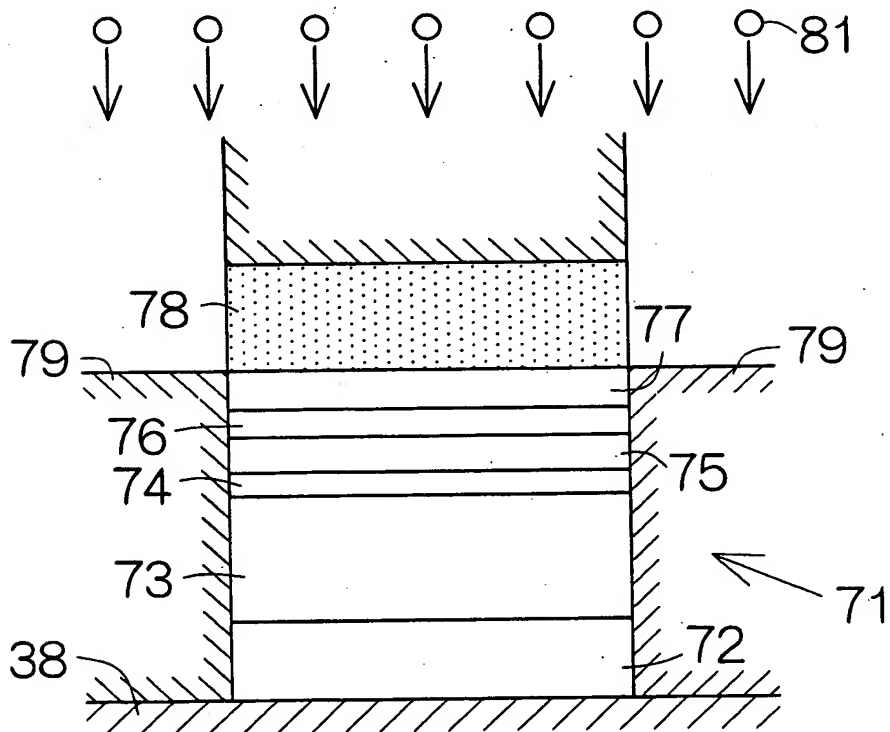




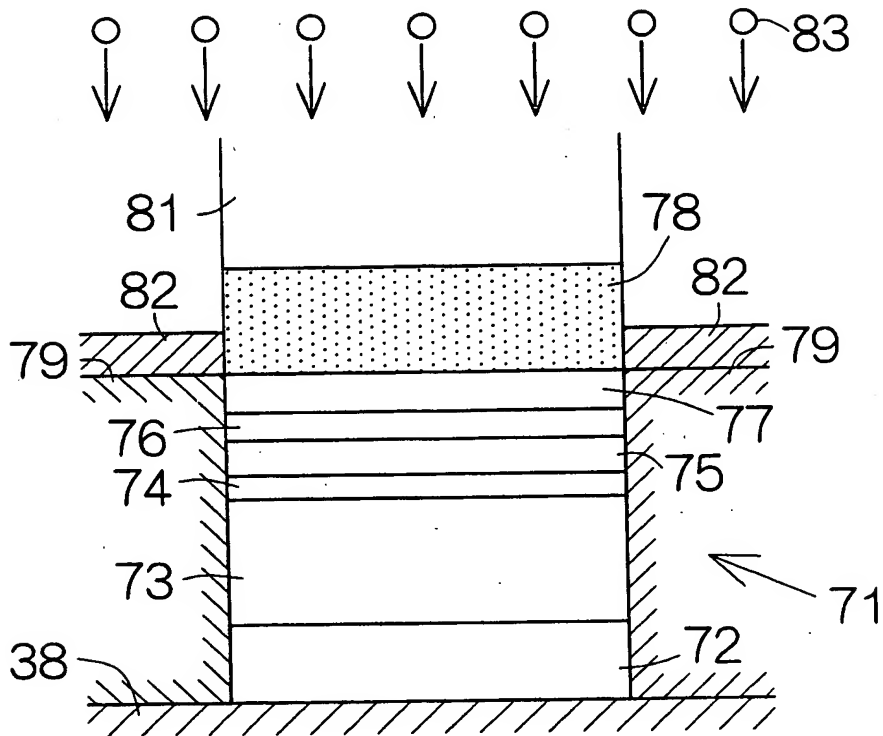
【図5】



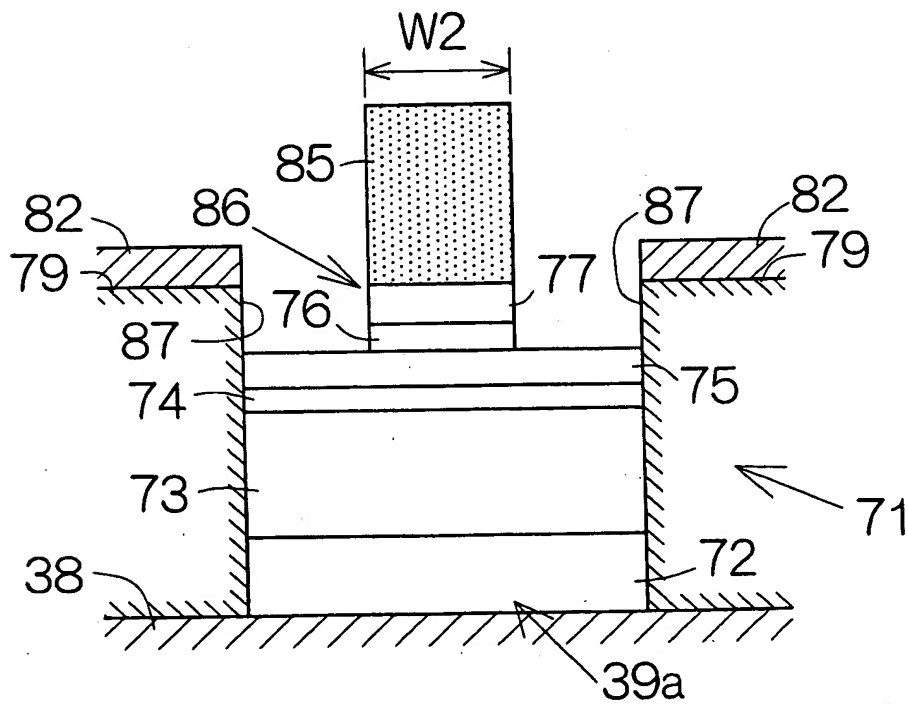
【図6】



【図7】



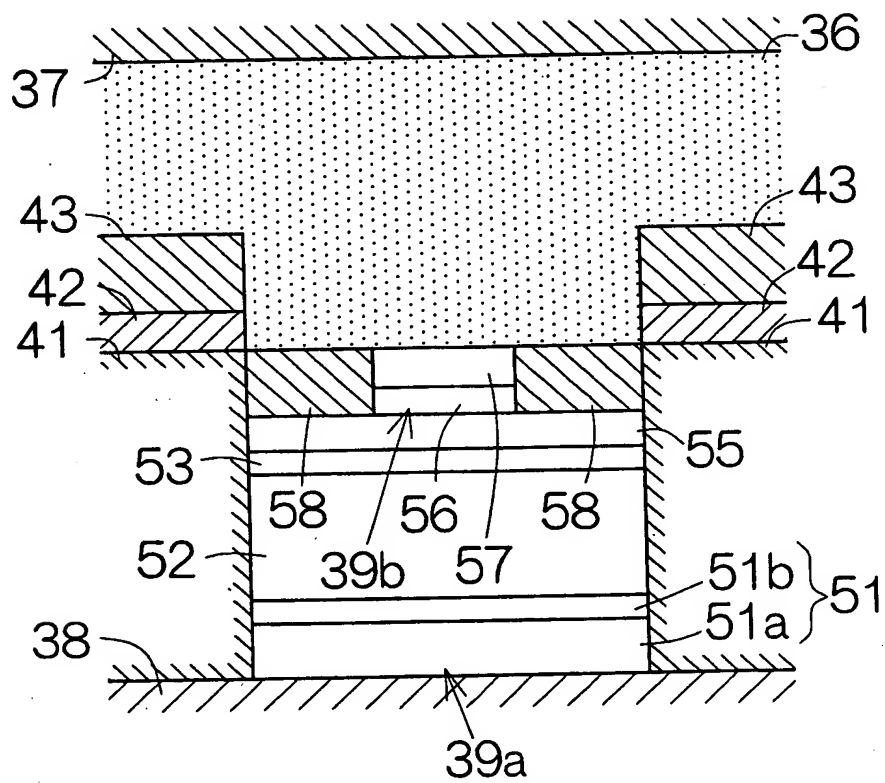
【図8】



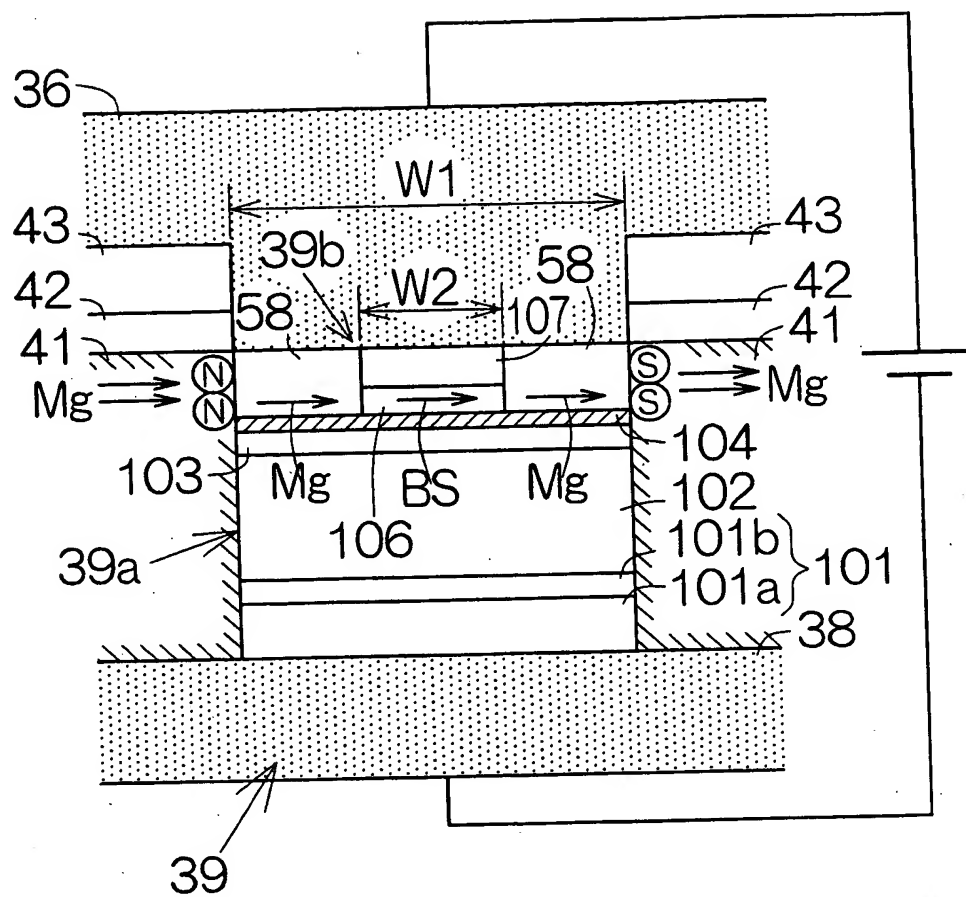




【図10】



【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 バルクハウゼンノイズの低減に大いに寄与することができるＣＰＰ構造磁気抵抗効果素子およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 磁気抵抗効果膜３９の上層体３９ｂは絶縁体５８に挟み込まれる。磁区制御膜４１は絶縁体５８とともに上層体３９ｂを挟み込む。絶縁体５８の働きで、磁気抵抗効果膜３９の下層体３９ａと上部電極層３６との間には狭められた電流路は確立される。磁気抵抗効果膜３９の実効コア幅は狭められる。しかも、縦バイアス磁界ＢＳは効率的に磁気抵抗効果膜３９に作用する。特に、上層体３９ｂに自由側強磁性層５６が含まれる場合には、従来のＣＰＰ構造磁気抵抗効果素子に比べて自由側強磁性層５６に比較的強い縦バイアス磁界ＢＳは作用することができる。比較的に良好に自由側強磁性層５６の単磁区化は実現されることができる。バルクハウゼンノイズの低減は実現される。

【選択図】 図４

出願人履歴情報

識別番号

[000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名 富士通株式会社